



### Jussi Pirneskoski

LT, erikoislääkäri, ensihoidon lisäkoulutus  
HUS Akuutti Ensihoito, Lääkärihelikopteri  
jussi.pirneskoski@hus.fi

# Potilaan ennusteen arviointi ensihoidossa

Jussi Pirneskoski

Helsingin yliopisto 10.9.2021

#### Vastaväittäjä

Professori Annmarie Lassen, University of Southern Denmark

#### Esitarkastajat

Professori Jouni Kurola, Itä-Suomen yliopisto  
Dosentti Ruut Laitio, Turun yliopisto

#### Kustos

Professori Klaus Olkkola, Helsingin yliopisto

#### Taustaa

Äkillisesti sairastuneen potilaan fysiologisen tilan asianmukainen arvioiminen on välttämätöntä, jotta välittömien hoitotoimien tarve tunnistetaan. Tämä korostuu erityisesti hoitolaitosten ulkopuolisessa ensihoidossa, jossa diagnostisia ja hoidollisia resursseja on niukasti.

Tutkimustieto fysiologisten häiriöiden yksinkertaisista tunnistamiskeinoista auttaisi hoitohenkilökuntaa riskipotilaiden huomioimisessa. Peruselintoimintomittauksiin, kuten hengitystaajuuteen, syketasoon ja tajunnantasaan, perustuvien fysiologisten pisteytysjärjestelmien kyky erottaa lyhyellä aikavälillä kuoleman

riskissä olevat potilaat sairaalaympäristöissä on todettu hyväksi. (1) Näistä erityisesti National Early Warning Score (NEWS) on levinnyt laajalle hyvän diagnostisen tarkkuutensa ansiosta, mutta tutkimustietoa ensihoitoympäristöstä on rajallisesti. (2–4) Tietojenkäsittelykapasiteetin nopean kasvun myötä koneoppimismenetelmien on osoitettu olevan perinteisiä tilastollisia menetelmiä tehokkaampia laajojen tietomassojen analysoinnissa. Etenkin random forest -koneoppimismenetelmää on hyödynnetty vastaavissa yhteyksissä. (5–6)

Jo 1930-luvulla kuvatun fotopletysmografian tunnetuin sovellus on pulssioksimetria, mutta signaalista on johdettavissa muun muassa verenkierron ja hermoston tilaa kuvaavia suureita. (7–8) Menetelmä on herättänyt mielenkiintoa esimerkiksi potilaiden nestetäytön arvioimisessa, sillä laitteistoja on jo laajalti käytössä. (9) Menetelmään sisältyy kuitenkin erittäin runsaasti virhelähteitä ja sekoittavia tekijöitä, jotka vaikeuttavat tulosten tulkintaa ja johtopäätösten tekoa. (10) Tässä tutkimuksessa selvitettiin ensihoidossa

#### Väitöskirja

Detecting physiological deterioration in emergency care

#### Osatyöt

- I Pirneskoski J, Harjola V-P, Jeskanen P, ym. Critically ill patients in emergency department may be characterized by low amplitude and high variability of amplitude of pulse photoplethysmography. *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine* 2013; 21: 48–52.
- II Pirneskoski J, Kuisma M, Olkkola KT, Nurmi J. Prehospital National Early Warning Score predicts early mortality. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica* 2019; 63: 676–683.
- III Pirneskoski J, Lääperi M, Kuisma M, ym. The ability of prehospital NEWS to predict one- and seven-day mortality is reduced in the older adult patients. *Emergency Medicine Journal* 2021; Published Online First: 11 May 2021. doi: 10.1136/emmermed-2019-209400
- IV Pirneskoski J, Tamminen J, Kallonen A, ym. Random forest machine learning method outperforms prehospital National Early Warning Score for predicting one-day mortality: A retrospective study. *Resuscitation Plus* 2020; 4: 100046.

toteutettavan fysiologisiin muuttujiin perustuvan NEWS-pisteytyksen diagnostista tarkkuutta ja siihen vaikuttavia tekijöitä retrospektiivisessä rekisteriaineistossa. Lisäksi arvioitiin fotopletysmografian käytettävyyttä kriittisesti sairastuneiden potilaiden tunnistamisessa päivystyspoliklinikalla valikoimattomassa prospektiivisessä kohortissa.

### Menetelmät

Tutkimus koostui neljästä alutkimuksesta, joista yksi oli etenevä kohorttitutkimus ja kolme oli takautuvia kohorttitutkimuksia. Osatyöhön I sisällytettiin 212 perättäistä yliopistosairaalan päivystyspoliklinikalle sisään kirjattua aikuispotilasta. II ja III osatyössä arvioitiin 35 800 ensihoidon vuosina 2008–2015 kohtaa potilasta, joista oli saatavilla NEWS-pisteytyksen laskemiseen tarvittavat tiedot. IV osatyö oli alaryhmäanalyysi niistä ensihoitoaineiston 26 458 potilaasta, joista oli mitattu myös verensokeriarvo. Tavallisten peruselintoimintomittausten lisäksi osatyössä I potilailta kerättiin fotopletysmografia-muuttujia, joiden arvoja vertailtiin kriittisesti sairaiden ja muiden kuin kriittisesti sairaiden potilaiden välillä, kun kriittisen sairauden kriteerinä käytettiin Modified Early Warning Scoren arvoa  $> 3$  (I). NEWS-pisteytyksen diagnostista tarkkuutta arvioitiin 1, 7 ja 30 vuorokauden kuolleisuuden ennustamisessa (II). Iän vaikutusta tähän ennustetarkkuuteen tarkasteltiin kolmessa ikäryhmässä ( $\leq 65$ , 65–79 ja  $\geq 80$  vuotta) ja selvitettiin ennustetarkkuuden muutos, jos ikä lisättäisiin osaksi NEWS-pisteytystä (III). Lisäksi verrattiin perinteisen logistisen regressiomallin kykyä ennustaa kuolleisuutta random forest-koneoppimismallin (IV).

### Tulokset

Fotopletysmografiakäyrän minimi- ja keskiarvoinen amplitudi erosivat merkittävästi kriittisten ja muiden kuin kriittisesti sairaiden potilaiden välillä. Amplitudin minimi-, keski- ja maksimi-arvon diagnostinen tarkkuus kriittisesti sairaiden potilaiden erottamisessa jäi kuitenkin heikoh-



Kuvassa vasemmalta kustos ja ohjaaja professori Klaus Olkkola, väittelijä sekä ohjaaja dosentti Jouni Nurmi. Väitös toteutettiin etäyhteyden välityksellä. Kuva Markku Kuisma, 2021.

koksi (AUROC 0,689, 0,658 ja 0,614). NEWS-pisteiden kyky ennustaa kuolleisuutta oli paras lyhimmillä aikaviiveellä (AUROC 0,840) ja nuorimassa ikäryhmässä (AUROC 0,876). Ennustetarkkuus heikkeni aikaviiveen pidentyessä kaikissa ikäryhmissä. Iän lisääminen paransi mallin ennustetarkkuutta. Random forest-koneoppimismallin ennustetarkkuus oli parempi kuin logistisen regression (AUROC 0,858) ja parani edelleen, mikäli malliin lisättiin verensokeripitoisuus (AUROC 0,868). Kuolleisuuden ennustamisen kannalta merkittävimmät fysiologiset muutokset olivat matala happisaturaatio, korkea hengitystaaajuus ja matala systolinen verenpaine. Syketaajuudella ei ollut juurikaan merkitystä kuolleisuuden ennustamisessa.

### Johtopäätökset

Matalia fotopletysmografiakäyrän minimi- ja keskiarvoamplitudeja ei voida sellaisenaan käyttää tunnistamaan kriittisesti sairaita potilaita päivystyspoliklinikalla riittämättömän diagnostisen tarkkuuden vuoksi, mutta niitä saattaisi olla mahdollista hyödyntää muiden menetelmien tukena. NEWS-pisteytystä voidaan käyttää 1, 7 ja 30 vuorokauden kuolleisuuden ennustamisessa ensihoidossa ja niiden diagnostinen tarkkuus on erittäin hyvä. Pisteytyksen ennustetarkkuus on paras yhden vuorokauden aikaviiveellä ja alle 65-vuotiailla potilailla, mutta heikkenee pidemmillä aikaviiveillä tai vanhemmissa ikäryhmissä. Ennustetarkkuutta voidaan parantaa lisäämällä ikä osaksi pisteytystä. NEWS-pisteytyksen muuttujiin perustuva random >>

forest -koneoppimismalli päihittää logistisen regression yhden vuorokauden kuolleisuuden ennustamisessa ja mallin tarkkuus paranee edelleen lisäämällä siihen verensokeriarvo. ■

#### Viitteet

1. Smith GB, Prytherch DR, Schmidt PE, Featherstone PI. Review and performance evaluation of aggregate weighted 'track and trigger' systems. *Resuscitation* 2008; 77: 170–179.
2. Royal College of Physicians. National Early Warning Score (NEWS): Standardising the assessment of acute-illness severity in the NHS. Report of a working party. London: RCP 2012.
3. Silcock DJ, Corfield AR, Gowens PA, Rooney KD. Validation of the National Early Warning Score in the prehospital setting. *Resuscitation* 2015; 89: 31–35.
4. Abbott TEF, Cron N, Vaid N, ym. Pre-hospital National Early Warning Score (NEWS) is associated

with in-hospital mortality and critical care unit admission: a cohort study. *Ann Medicine Surg* 2018; 27: 17–21.

5. Churpek MM, Yuen TC, Winslow C, ym. Multicenter Comparison of Machine Learning Methods and

#### Matala happisaturaatio, korkea hengitystaajuus ja matala systolinen verenpaine ennustivat merkittävimmin kuolleisuutta.

Conventional Regression for Predicting Clinical Deterioration on the Wards. *Crit Care Med* 2016; 44: 368–374.

6. Raita Y, Goto T, Kamal Faridi M, ym. Emergency department triage prediction of clinical outcomes using machine learning models. *Crit Care* 2019; 23: 64.

7. Hertzman AB, Spealman CR. Observations on the finger volume pulse recorded photo-electrically. *Proceedings of the American Physiological Society: Forty-Ninth Annual Meeting. Am J Physiology* 1937; 119: 334–335.
8. Alian AA, Shelley KH. Photoplethysmography. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol* 2014; 28: 395–406.
9. Thiele RH, Colquhoun DA, Patrie J, ym. Relationship Between Plet-hysmographic Waveform Changes and Hemodynamic Variables in Anesthetized, Mechanically Ventilated Patients Undergoing Continuous Cardiac Output Monitoring. *J Cardiothor Vasc Anest* 2011; 25: 1044–1050.
10. Fine J, Branam KL, Rodriguez AJ, ym. Sources of Inaccuracy in Photoplethysmography for Continuous Cardiovascular Monitoring. *Biosensors* 2021; 11: 126.